

Il costante progredire della frontiera tra teologia e scienza Parte 2^o: Metafisica

On constant movement of frontiers between Science and Theology. Part 2: Metaphysics

GRZEGORZ KARWASZ

Division Didactics of Physics, Faculty of Physics, Astronomy and Applied Informatics, University Nicolaus Copernicus, Toruń
karwasz@fizyka.umk.pl

Abstract. Nella parte precedente (Karwasz, *Scientia et Fides*, 3(1) 2015) intitolata “Fisica” abbiamo mostrato che le scoperte moderne delle scienze non contraddicono la Scrittura: né sull’Inizio del mondo, né sull’omogeneità di *Homo sapiens*, né sul ceppo comune di lingue sul continente Eurasiatico. In questa parte mostriamo che numerose “spiegazioni” dei fenomeni naturali, come la chimica governata da elettroni via il “divieto” di Pauli, come lo spazio-tempo di Einstein, come gli apparenti paradossi della meccanica quantistica, in realtà spostano la frontiera della conoscenza verso la metafisica: i testi dei filosofi da Aristotele, S. Agostino, S. Tommaso fino a Kant non sono in contrasto con le conclusioni ontologiche della fisica moderna. Così, le spiegazioni basate su principi filosofici trovano di nuovo il loro posto nelle scienze naturali.

Parole chiave: tempo; spazio; moto; divieto di Pauli; S. Augustine; S. Thomas; Kant; metafisica.

Abstract. In the first part (Karwasz, *Scientia et Fides*, 3(1) 2015) entitled “Physics” we showed how discoveries of modern sciences do not contradict Bible: neither in the subject of the beginning of the world nor in the subjects of the homogeneity of *Homo Sapiens* and the common origin of Euroasiatic languages. In this part we show

that numerous “explanations” of natural phenomena like Pauli’s exclusion principle governing the chemistry, like space-time of Einstein, like apparent paradoxes of quantum mechanics, in reality move the border of our knowledge towards metaphysics: writings of philosophers from Aristotle, S. Augustine, S. Thomas to Kant are not in contrast with ontological conclusions of modern physics. In this way, the explanations based on philosophical principles find their place in natural sciences.

Key words: time; space; motion; Pauli’s exclusion principle; Aristotle; S. Thomas; S. Augustine; Kant; metaphysics.

1. Rationale

Nella prima parte (Karwasz 2015) abbiamo citato papa Benedetto XVI quando, ancora in veste di cardinale, ammoniva che il continuo ritirarsi della teologia sotto la “spinta” delle scienze naturali porta il rischio che tra qualche anno non rimarrà nessun dogma da difendere. Per questo motivo abbiamo confrontato le scoperte delle scienze con la narrazione della Genesi arrivando alla conclusione che le rivelazioni della fisica non sono in contraddizione con la Scrittura. Invece dello spostamento unidirezionale della frontiera tra le scienze e la teologia bisogna parlare di moto continuo, complesso, bidirezionale – “un movimento” che si differenzia dal semplice “progresso”.

In dettaglio, nella prima parte, nel paragonare “i giorni” della Creazione con dati dell’astrofisica, fisica, genetica, linguistica (l’inizio dell’Universo 13,8 mld di anni fa, la separazione della radiazione dalla materia 380 mila anni dopo, la creazione del sistema Solare dopo l’esplosione della stella proto-Sole 4,567 mld di anni fa, l’unico genoma mitocondriale umano estrapolato circa 120 mila anni fa, l’unico ceppo linguistico euro-asiatico 14 mila anni fa nell’odierno Irak) abbiamo concluso, che la Scrittura può “ritirarsi” dalla definizione precisa di momenti esatti sull’asse del tempo, ma non perde minimamente la sua verità in materia di fatti essenziali.

Anzi, le scoperte delle scienze mostrano che la narrazione (non il “racconto”) biblica riporta con precisione (e con lo stile comprensibile a non-specialisti) la sequenza degli eventi. In questo modo confermiamo le parole di S. Agostino, che ogni volta che il credente si trova in diffi-

coltà discutendo con “il matematico” deve correggere non le parole della Scrittura, ma la sua comprensione personale di questa narrazione. Così, la frontiera tra la fisica e teologia è mobile, ma è difficile dire, ricordando gli ammonimenti di papa Benedetto XVI, chi si ritira e chi avanza – la fisica o la teologia.

In questa parte confrontiamo la seconda “coppia” di tre scienze di S. Tommaso – la teologia “civile”, cioè la metafisica – con la fisica, lasciando fuori la terza, cioè la teologia “divina”. Cercheremo i campi dove fisica e metafisica nel corso dei millenni si sono affrontate, spostando i confini, ma mai in una direzione.

Il punto di partenza del presente discorso non è l’affermazione che la filosofia non abbia fatto progressi in tre mila anni dalla codificazione scritta, ma dare qualche esempio, come le difficoltà della fisica moderna (recentissima) nell’interpretare categorie essenziali formulate ancora dagli antichi Greci – la materia, lo spazio, il tempo.

Il discorso si basa sul presupposto dell’unità (e unicità) della mente umana nel corso dei millenni, dopo la sua creazione circa 120 mila anni fa come risulterebbe dalle recenti scoperte di genetica, vedasi (Karwasz 2015). Con questa premessa, le intuizioni pure, come le chiamerebbe Kant, formulatesi nelle menti di fisici moderni e di filosofi antichi – hanno la stessa valenza: ogni generazione scopre di nuovo non solo il mondo materiale, ma anche tutto il lascito umanistico precedente.

2. Introduzione

Il quadro di argomentazioni scientifiche presentato nella parte precedente (Karwasz 2015) potrebbe dare l’impressione di essere sufficiente per spiegare l’inizio dell’Universo. Ma facendo così si cade nella trappola delle già descritte “torri d’avorio” di Antonino Zichichi (1999): la scienza moderna è veramente potente, e di conseguenza i ragionamenti delle generazioni precedenti sembrano obsoleti e/o falsi. Per questo motivo ritorniamo alle categorie della metafisica, cioè della scienza al di sopra dei fenomeni *sensibili*, visto “che ciò che *per noi* viene prima (ossia è anteriore), per natura

(ossia in sé e per sé) è posteriore, e viceversa: le cose fisiche *per noi* sono prime, ma per natura *seconde*, e le cose *soprafisiche* sono per noi seconde, ma per natura prime” (Aristotele, *Metafisica*, p. IX).

S. Tommaso definisce la metafisica come una scienza a metà strada tra la fisica e la teologia vera e propria (cioè la scienza che viene esposta nella Sacra Scrittura): entrambe vengono chiamate “teologia o scienza divina” (Tommaso, *Commenti*, Cap. II, Quest. V, art. 4, 154b).

Così dunque la teologia o scienza divina è duplice: una in cui le realtà divine vengono considerate non come soggetto della scienza, ma come principio del soggetto, e tale è la teologia che è portata dai filosofi, e che con altro nome viene chiamata metafisica; l'altra invece che considera le stesse realtà divine per sé come soggetto della scienza, e questa è la teologia che viene esposta nella Sacra Scrittura. Tanto l'una quanto l'altra, tuttavia, vertono su ciò che è separato dalla materia e dal movimento secondo l'essere, ma in modo diverso, in conformità al fatto che, secondo l'essere, qualcosa può dirsi separato dalla materia e dal movimento in due sensi: in un modo che *sia proprio* della natura della realtà stessa che si dice separata *il fatto di non poter essere* mai nella materia e nel movimento, come nel caso di Dio e degli angeli; o in modo che *non sia proprio* di quella natura *il fatto di essere* nella materia e nel movimento, e che pertanto essa abbia la possibilità di esser senza materia e movimento, anche se di fatto talvolta si trova in essi. E questo è il caso dell'ente, della sostanza, della potenza e dell'atto, che non dipendono secondo l'essere dalla materia e dal movimento come invece accade agli enti matematici (i quali – per quanto possano essere compresi senza materia sensibile – non possono essere se non nella materia).

La differenza tra la metafisica e teologia *sensu stricte*, secondo S. Tommaso, sta nel rapporto con il movimento e il mondo materiale. La metafisica, cioè “la teologia portata avanti dai filosofi”, si esprime in concetti che non sono necessariamente materiali ma tuttavia possono essere in relazione con la materia, come l'ente, la sostanza, la potenza e l'atto (energia nella terminologia fisica). La teologia invece, nella distinzione di S. Tommaso, parla di entità che *non possono* essere materiali.

3. La Fisica, che occupa lo spazio della metafisica

Come sottolinea M. Grabowski (Grabowski 2015, 229), fisico e filosofo, “L’incontro tra la fisica e metafisica dopo anni dal divorzio non è uno dei più facili. I filosofi non capiscono i contenuti fisici e matematici, i fisici sono, generalmente, e dicendo in modo delicato, non abbastanza preparati filosoficamente”. H. Margenau (1941), fisico di Yale, scriveva: “I nostri tempi sembrano descritti da i loro *taboo*, tra quali si trova una convinzione generale che la parola *metafisica* non debba essere mai usata in una società scientifica seria”¹. Come si possono, allora, costruire i ponti? – Partendo da “isole” – termini, idee, principi – che compaiono sia in fisica che in metafisica, e cercando, nella chiave del titolo di questo articolo, come in modo perenne, in diversi periodi storici e su vari concetti, si spostano le mutue frontiere.

Diverse categorie fondamentali, oggi di fisica, come *spazio*, *tempo*, *moto*, *energia*, *potenza* furono già definite nella *Fisica* (e *Metafisica*) di Aristotele, senza nessun formalismo matematico, solamente con dei ragionamenti verbali. Il significato di quei termini era diverso, più generale delle definizioni odierne, stabilite per i libri scolastici. “L’energia” (ἐνέργεια) viene usata oggi dai fisici nel senso del contenuto potenziale per compiere un lavoro. “Il potenziale”, una forma particolare d’energia nel caso dell’elettromagnetismo (o della gravità) ha un significato simile: è uguale all’energia riportata alla carica (o la massa) unitaria dell’oggetto in considerazione. E la *potenza* in fisica viene definita come il “lavoro compiuto in una unità di tempo”. Il termine energia fu codificato solo verso la metà del XIX secolo, con lavori di S. Carnot, J. P. Joule, R. Clausius, J. R. von Mayer e la nascita della termodinamica: il calore può essere cambiato in energia meccanica. Il *principio* di conservazione dell’energia è diventato uno dei cardini della fisica. Con l’equazione di Einstein $E=mc^2$, di equivalenza tra l’energia E e la massa m , il suo significato fu esteso anche al principio *chimico* della conservazione di massa.

¹ “Our time appears to be distinguished by its *taboos*, among which there us to be found the broad convention that the word *metaphysics* must never be used in polite scientific society” (Margenau, 1941).

In fisica l'energia per definizione si manifesta nel lavoro meccanico, cioè nel processo di spostamento; infatti, non sappiamo *a priori* quanta energia contenga un corpo. L'energia può essere misurata solo quando viene "liberata" – un corpo cade, un proiettile viene sparato, un pezzo di carbone bruciato². Aristotele attribuiva i significati più generali all'energia e alla potenza. Per lui l'energia era – in senso metafisico – l'atto: un esistere, un'azione, un succedersi, un divenire; e invece la potenza – la possibilità dell'atto. "[...] infatti, le nozioni di potenza e di atto vanno oltre i significati che sono relativi al solo movimento" (Aristotele, *Metafisica*, 1046, 40).

Numerosi altri termini introdotti dalla filosofia classica – atomo, sostanza, movimento – hanno acquisito significati diversi nella fisica moderna. Ma lo sviluppo della scienza e della filosofia nello stesso tempo, spostano i confini dell'interpretazione. Così i fisici continuano a discutere i significati – sia di termini classici come l'energia, sia di concetti di fisica moderna: funzione d'onda, particelle elementari, campi e potenziali³. La fisica continua ad intrecciarsi con la metafisica – qualche esempio daremo più avanti.

3.1. Il moto

Praticamente tutta *La fisica* di Aristotele è dedicata al concetto di moto: da lunghi discorsi risulta essenzialmente la definizione del moto come un *cambiamento*. Ci fu un motore iniziale per il moto, ma esso per proseguire ha bisogno di cause perpetue⁴. Solo il moto circolare è eterno, visto che le linee rette non si protraggono all'infinito. Dal discorso sul moto, Aristotele deriva i concetti di spazio e di vuoto (che tuttavia non può esistere, non avendo confini definiti).

² Poi, i fisici sono particolarmente sensibili all'espressione "l'energia prodotta": per principio di conservazione l'energia non può essere prodotta, ma solo cambiare la sua tipologia – come in un motore a scoppio da energia chimica, a quella di calore e infine all'energia cinetica dell'automobile.

³ Vedasi per es. un recente articolo di S. Weinberg (2014), premio Nobel, un saggio di fisica, specialmente in campo di cosmologia e particelle elementari.

⁴ L'osservazione di Aristotele non è sbagliata – in moti reali, le forze dissipative come l'attrito causano la cessazione di movimento; per mantenerlo bisogna continuare di fornire l'energia.

Il moto divenne il dominio della matematica con Galileo Galilei, e la sua lunghissima frase nascosta all'interno del "Dialogo dei Massimi Sistemi"⁵. Come fu commentato nel libro divulgativo di fisica stampato a Princeton: "La fisica discese dal cielo sulla terra lungo il piano inclinato di Galileo" (Rogers 1960, Vol. II, cap 19). L'idea geniale di Galileo era di "diluire" la forza di gravità nelle sue componenti trigonometriche, che permise di misurare l'accelerazione di gravità "ad occhio nudo". A lui dobbiamo anche dei tormenti scolastici di due moti-modelli: uniforme e uniformemente accelerato: sono tipiche costruzioni che passano dal realismo materialistico di Aristotele alla formulazione astratta, perfetta, ma poco pratica, ed ancora meno comprensibile.

Aristotele si trovava in difficoltà nel considerare aspetti astratti del moto – per lui il movimento era legato alla materia. Scriveva che la fisica si occupa solo di forme che si possono distinguere dalla materia, ma nello stesso tempo sono legate alla materia (*Fisica*, Libro II, par. 2). Al contrario, dai tempi di Galileo si parla del moto di "un punto materiale", cioè di un oggetto matematico e del moto "rettilineo". Ma un passo nel separare il moto dalla materia fu fatto già da S. Tommaso, quando scriveva: "Pertanto la considerazione del movimento non spetta al matematico, ma i principi matematici possono tuttavia essere applicati al movimento" (*Commenti*, Quest. 5, Art. 3, p. 301).

⁵ "Avanti di ogni altra cosa, bisogna considerare come il movimento de i gravi descendenti non è uniforme, ma partendosi dalla quiete vanno continuamente accelerandosi; effetto conosciuto ed osservato da tutti, fuor che dal prefato autore moderno, il quale, non parlando di accelerazione, lo fa equabile. Ma questa general cognizione è di niun profitto, quando non si sappia secondo qual proporzione sia fatto questo accrescimento di velocità, conclusione stata sino a i tempi nostri ignota a tutti i filosofi, e primieramente ritrovata e dimostrata dall'Accademico, nostro comun amico: il quale, in alcuni suoi scritti non ancor pubblicati, ma in confidenza mostrati a me e ad alcuni altri amici suoi, dimostra come l'accelerazione del moto retto de i gravi si fa secondo i numeri impari *ab unitate*, cioè che segnati quali e quanti si voglino tempi eguali, se nel primo tempo, partendosi il mobile dalla quiete, averà passato un tale spazio, come, per esempio, una canna, nel secondo tempo passerà tre canne, nel terzo cinque, nel quarto sette, e così conseguentemente secondo i succedenti numeri caffi; che in somma è l'istesso che il dire che gli spazii passati dal mobile, partendosi dalla quiete, hanno tra di loro proporzione duplicata di quella che hanno i tempi ne' quali tali spazii son misurati, o vogliam dire che gli spazii passati son tra di loro come i quadrati de' tempi." (Galileo 1996, 231).

Galileo mise in evidenza matematica anche la relatività di moto, nominata da Virgilio⁶ e citata pure da Copernico nell'introduzione di *De Revolutionibus*: con un'opportuna scelta del sistema di riferimento (un vagone che viaggia), il corpo, che in un'altro sistema si muove, rimane in quiete. La formulazione matematica della cosiddetta relatività di Galileo dice come si sommano le velocità in un sistema di riferimento con la velocità relativa di due sistemi. Questo fu anche il punto di partenza per la teoria ristretta della relatività di Einstein.

Con le leggi di Newton furono distinti i sistemi di riferimento *inerziali*, nei quali cioè valgono le leggi della dinamica: se non agiscono forze, il corpo non accelera. In altre parole i sistemi di riferimento inerziali rimangono in quiete o si muovono con un moto uniforme rettilineo. Sì, ma rispetto a quale sistema assoluto?

L'esperimento con un fascio di luce di Albert Michelson (1887) fallì nel verificare il moto della Terra attorno il Sole: rispetto a un fantomatico etere la Terra risultava immobile⁷. La soluzione più semplice⁸ fu proposta da Albert Einstein (1905), assumendo che nessun sistema di riferimento in moto rettilineo è privilegiato. Così, la velocità della luce rimane costante per ogni osservatore, indipendentemente dalla sua velocità. Le trasformazioni di moto relativo di Galileo si sono rivelate inesatte, quando le velocità diventano paragonabili alla luce. In questo senso, la velocità della luce pone un limite alla nostra conoscenza dell'Universo: non può arrivarci nessun segnale da una distanza superiore all'età dell'Universo – 13,8 miliardi di anni-luce.

Nella successiva teoria generale della relatività (1915) Einstein partì da un presupposto (di nuovo volutamente più metafisico che fisico) che anche nel moto accelerato non esiste un sistema di riferimento assoluto: non si può decidere se un ascensore acceleri salendo oppure stia immo-

⁶ "Ci allontaniamo dal porto, terre e città retrocedendo", (Virgilio, *Eneide*, L III, 73).

⁷ L'esperimento fatto a Potsdam nel 1881 e ripetuto con maggior precisione a Cleveland nel 1887 non lasciava nessun dubbio: con la precisione del 10% della velocità orbitale della Terra (che ammonta a 30 km/s) essa risultava immobile.

⁸ Nel lasso del tempo tra 1887 e 1905 diversi fisici (e matematici) fornirono varie spiegazioni, tutte molto fenomenologiche. Solo Einstein partì dalle considerazioni generali.

bile in un campo gravitazionale (diretto in giù)⁹. Così Einstein arrivò alla formulazione della curvatura dello spazio-tempo, ma per assicurarsi un universo stabile, non collassato su se stesso, doveva aggiungere un termine “cosmologico”, una specie di pressione interna dell’universo. Torneremo sulla questione più avanti.

Ma non solo la velocità della luce pone limiti sulle nostre capacità di viaggiare – lo fa già la seconda legge di Newton: per spostarsi bisogna accelerare, e questo richiede tempo (ed energia)¹⁰. Certe teorie (un po’ speculative) spiegano la legge d’inerzia con l’interazione gravitazionale del corpo che sta per accelerare con il resto dell’Universo. L’idea del bosone di Higgs assume invece che la massa¹¹ (cioè la “resistenza” nell’accelerazione) delle particelle elementari (e in conseguenza di tutti i corpi) deriva dalla primordiale interazione con una fantomatica particella che ha avuto esistenza all’inizio dell’Universo¹². La massa delle particelle si manifesta quando cerchiamo di spostarle – perché vengono trascinati anche dei bosoni di Higgs (o meglio – le nuvole delle rimanenze dei bosoni, a volte chiamati “gli spiriti” di Higgs). Nonostante secoli di ricerche fisiche la definizione del moto e delle sue leggi attingono periodicamente alle non tanto chiare definizioni metafisiche di Aristotele: rimane valida ancora la definizione del moto come “occupare gli spazi liberi”.

Simili problemi abbiamo con il concetto dell’eternità di moto. Come riferito da Aristotele (*Fisica*, L. VIII, 251b) tutti i filosofi greci, salvo Platone, ritenevano che il moto sia eterno. Il Filosofo deduceva questa affermazione

⁹ “Einstein in primo luogo ricorda al lettore l’equivalenza dei due sistemi rispetto alla legge della meccanica newtoniana. Quindi riformula tale principio nel modo seguente: ‘Non si può parlare di *accelerazione assoluta* del sistema di riferimento più di quanto si possa parlare di *velocità assoluta* nella ordinaria teoria della relatività [ristretta]; (corsivo di Einstein). Da ciò conclude che ‘secondo questa teoria, l’identità della legge di caduta di tutti i corpi in un campo gravitazionale è *autoevidente*’ (corsivo mio).” (Pais 2006 213).

¹⁰ Certe teorie speculative, partendo dallo stesso A. Einstein (1935), postulano, che si possa viaggiare attraverso le pieghe nello spazio-tempo. Su questo argomento torniamo più avanti.

¹¹ Per essere precisi – “una parte della massa”, cioè la massa *a riposo* dei quark, che costituisce circa 1% di massa di protoni e neutroni.

¹² Ricordiamo, che la commissione per la didattica del CERN, dove fu scoperto il Higgs in 2012, non ha ancora elaborato un’interpretazione di acquisizione di massa via il meccanismo di Higgs.

da un ragionamento molto particolare, che oggi sarebbe classificato come calcolo differenziale in matematica: “l’adesso” è un momento di tempo infinitamente piccolo, ma senza dubbio esiste. Se esiste, è esistito anche un momento prima e esisterà un momento dopo. E visto che il tempo è continuo, doveva esistere da sempre e esisterà per sempre. Così, Aristotele descriveva il moto come unico, continuo ed avente un’unica, prima causa (*Fisica*, L. VIII, 259a).

Ragionamenti sul moto sono contenuti anche nella prima parte del *Compendio di teologia*. San Tommaso distingueva il moto in giù di gravi e in su del fumo, come avente delle cause proprie, ben definite (oggi si direbbe “gravità” e spinta di Archimede nell’oceano di aria). Quando il mondo avrà la sua fine, queste cause rimarranno valide. Invece S. Tommaso ha avuto un’intuizione giusta sul moto (circolare¹³) dei corpi celesti quando scriveva che in un domani (o piuttosto nell’eternità futura) il loro moto cesserà: quel domani sarà quando si completerà lo scopo del mondo, cioè la salvezza del uomo (Tommaso, *Compendio*, art. 171).

Siccome i corpi celesti sono sempre in moto, qualcuno potrebbe pensare che, se rimane la loro sostanza, essi si muoveranno anche nello stato di perfezione. E il ragionamento sarebbe convincente se il movimento degli astri fosse simile a quello degli elementi. [...] Ma ciò non si può dire del moto dei corpi celesti, perché il corpo celeste non si arresta in nessun luogo, e come si muove naturalmente verso un qualsiasi luogo, così naturalmente se ne allontana. Così dunque non viene perduto niente nei corpi celesti se viene meno il moto, perché il moto non è dato ad essi per la loro perfezione. [...] Ora, non essendo il moto circolare dei corpi celesti diretto a qualche luogo determinato, non si può dire che il principio attivo del moto degli astri sia la natura, come invece essa è il principio del moto dei corpi gravi e leggeri.

Chi aveva ragione sul moto? In generale, il *principio* (un po’ metafisico) di conservazione del moto (come la somma vettoriale di tutte la quantità di

¹³ Notiamo, che il moto circolare e quasi eterno di pianeti non è semplice da spiegare didatticamente anche oggi: è un moto con velocità costante (come valore) ma la forza causata (centripeta) agisce nella direzione perpendicolare alla velocità – così il lavoro svolto è nullo e il moto (in condizioni senza attrito) sarebbe eterno.

moto) è uno di fondamenti del nostro “credo” in fisica. L’Universo come tale conserva la quantità di moto (ed il momento angolare) che gli fu impressa all’inizio. Poi, in pratica, per i singoli corpi, il moto non può essere eterno: una moltitudine di interazioni, l’attrito e altre forze dissipative – tutto conduce al rallentamento: la Luna si allontana dalla Terra circa 3 cm all’anno, e la stessa Terra rallenta nelle rotazione, se anche solo due microsecondi al secolo¹⁴. La Luna ha già rallentato la sua rotazione, così vediamo sempre solo la stessa sua “faccia”. Nello stesso modo sono rallentate le rotazioni di Plutone e di Caronte, suo satellite. Prima o poi, il moto dei pianeti cesserà.

3.2. Tempo e spazio

Il libro IV della *Fisica* discute spazio, vuoto, tempo. La contraddizione, individuata da Aristotele era tra lo spazio definito come l’estensione della materia (*Timaios* di Platone), lo spazio come un “contenitore” per la materia, come una “forma” della materia, oppure un oggetto della matematica, indipendente dalla materia. Aristotele era propenso per lo spazio in relazione con la materia, ma né la sua forma né la materia stessa (*Fisica*, L. IV, cap 4). Il Filosofo combatté l’idea del vuoto, sia fuori che dentro i corpi e spiegava correttamente che il moto avviene sempre nella materia, anche se rarefatta, come l’aria. La definizione dello spazio cercava allora una relazione con la materia – come dei bordi (dimensioni) degli oggetti materiali, vedasi per es. (Moreau, 1965).

I fisici attribuiscono a Galileo la definizione dello spazio come un oggetto matematico, anche se fino all’introduzione del sistema di coordinate (cartesiane) la sua visualizzazione non era completa. Nella didattica, specialmente quella italiana, l’individuare il sistema di coordinate è un passo obbligatorio (e decisivo) prima della soluzione di qualsiasi problema in meccanica. La scoperta della legge di gravità creò il problema dello spazio fisico, anche vuoto, attraverso il quale, a distanze infinite, agiscono delle forze. Cartesio aveva risolto la questione introducendo dei vortici

¹⁴ Il rallentamento della rotazione è stato scoperto solo grazie ai recentissimi orologi atomici e la distanza della Luna viene misurata solo dai tempi delle navicelle Apollo.

cosmici della materia, una specie di etere, per far propagare delle interazioni a distanza. Newton, alla domanda sulle cause della gravità fornisce nell'introduzione alla seconda edizione di *Principi matematici* una risposta totalmente teologica (la citeremo nella terza parte del presente lavoro). Lo spazio tra i pianeti al tempo veniva considerato vuoto, attribuendo alla forza di gravità solamente una formulazione matematica.

Ad Immanuel Kant sembrava di aver risolto il problema aristotelico sullo spazio e tempo – né forma, né materia: esse sono *intuizioni pure a priori*, che così permettono dei giudizi in matematica e in fisica. Kant (*Prolegomeni*, parte I, § 10, p. 84) scriveva:

La geometria pone il fondamento all'intuizione pura dello spazio. L'aritmetica costruisce i suoi concetti di numero per una successiva addizione di unità nel tempo: ora entrambe le rappresentazioni sono semplici intuizioni; poiché se si toglie dalle intuizioni empiriche dei corpi e dei loro mutamenti (i movimenti) l'elemento empirico, ciò che è dato dalla sensazione, rimangono ancora il tempo e lo spazio, che sono pertanto da considerarsi come intuizioni pure, le quali stanno *a priori* a fondamento delle intuizioni empiriche e quindi non possono mancare mai, a appunto per ciò che sono intuizioni pure *a priori*, provano che sono pure forme della nostra sensibilità, antecedenti necessariamente ogni intuizione empirica ossia ogni percezione di oggetti reali: noi possiamo in accordo ad esse avere delle conoscenze *a priori* degli oggetti, ma solo in quanto essi ci appaiono.

E più avanti precisava: “La matematica si fonda dunque su intuizioni pure *a priori*, che rendono possibili le sue proposizioni sintetiche ed apoditticamente valide: quindi la nostra deduzione trascendentale dei concetti dello spazio e del tempo ci spiega anche la possibilità d'una matematica pura [...]” A Kant appare solo in modo marginale l'impregnazione dello spazio con la materia “il tempo e lo spazio sono determinazioni inerenti non alle cose in sé, ma solo al loro rapporto con la sensibilità [...]” (*Prolegomeni*, parte I, § 11–12).

Lo spazio materiale, l'etere, ricompare nelle prime interpretazioni delle equazioni di Maxwell (circa 1862) che descrivono il “campo” elettrico e ma-

gnetico: le onde elettromagnetiche hanno bisogno, in quelle interpretazioni, di un mezzo materiale per propagarsi. Maxwell definì i due campi solo in modo matematico e l'esperimento di Michelson non rivelerò nessun etere. L'interpretazione odierna definisce i campi come una *parte dello spazio*, dove su una carica elettrica agiscono delle forze elettromagnetiche. La definizione è poco chiara, visto se lo spazio vuoto viene permeato dal campo, così lo spazio non è più vuoto: l'onda elettromagnetica è un propagarsi di variazioni di campi. I fisici dopo la denominazione del quanto dell'onda elettromagnetica come *fotone*¹⁵, hanno individuato in esso l'intermediario delle forze elettromagnetiche. Oggi, anche per l'interazione gravitazionale viene ipotizzato una particella elementare intermedia – un gravitone¹⁶.

L'elettrodinamica quantistica, fondata nella seconda parte del XX secolo (tra altri da R. Feynman) riempì lo spazio anche con una miriade di particelle "virtuali" – che nascono e muoiono prima di essere rivelati, ma cambiano le proprietà del vuoto. Nel modello dell'atomo degli inizi del XX secolo, esso rimaneva essenzialmente vuoto: considerando odierne nozioni (teoriche e sperimentali) sulle dimensioni dell'elettrone e protone, assumendo il diametro dell'ultimo come 10 cm, l'elettrone nell'atomo di idrogeno si trova a 10 km di distanza. Ma l'atomo vuoto è stato riempito – non solo da fotoni d'interazione maxwelliana, di fotoni virtuali di Feynmann che si creano a causa del moto di elettroni nell'atomo e di elettroni (ed anti-elettroni) virtuali che, a sua volta si creano da fotoni virtuali, ma anche dagli stessi elettroni "reali" dell'atomo, che si trovano un po' ovunque, seguendo le regole della moderna meccanica quantistica (E. Schrödinger, W. Heisenberg). L'argomentazione di Aristotele contro l'esistenza del vuoto, un po' azzardata, si basava sul moto: se esistesse il vuoto, sarebbe

¹⁵ Dobbiamo l'idea del fotone a Max Planck che, per spiegare le leggi di emissione termica (perché un oggetto caldo diventa rosso, poi giallo etc.) doveva assumere l'esistenza di porzioni di energie emesse. Il secondo argomento fu l'effetto fotovoltaico – la comparsa di corrente elettrica in presenza di luce (così funziona l'occhio umano, e tutte le fotocamere moderne). Ma lo stesso Planck stentava ad usare il termine "fotone".

¹⁶ La prima rivelazione delle onde gravitazionali, annunciata proprio in questi giorni (11.02.2016) ha stabilito un limite superiore sulla massa del gravitone: $0,2 \times 10^{-21}$ eV/c², cioè praticamente zero.

subito occupato dalla materia. Nell'atomo della meccanica quantistica avviene proprio questo: un elettrone occupa tutto lo spazio che è libero da altri elettroni.

Aggiungendo le scoperte cosmologiche – la radiazione di fondo (vedasi la parte prima dell'articolo), il vento di particelle che proviene dal Sole (che è ancora più energetico al di fuori del Sistema Solare, come mostrò in questi anni la sonda spaziale “Voyager”), gli onnipresenti neutrini (in ogni secondo il nostro corpo viene attraversato da una decina di miliardi di essi) – il vuoto non è mai vuoto. Ma, in questa visione il vuoto rimane ancora platonico-galileano: matematico, indipendente dalla materia, un contenitore per essa, pian piano riempito.

Dalla riflessione di Kant che lo spazio e tempo sono necessari per posizionare tutte entità materiali percepite o immaginate dalla mente umana è partita la fisica del XX secolo. La relazione tra lo spazio e l'osservatore fu direttamente sfruttata da Einstein nella teoria ristretta di relatività: le dimensioni, le distanze e lo scorrere del tempo dipendono dalla velocità dell'osservatore. Anzi, dalla velocità *relativa* tra il nostro sistema di riferimento e l'altro, con cui viene effettuato il confronto¹⁷. Così, cadde il concetto dello spazio e tempo assoluto di Aristotele, uguale per tutti. Ogni osservatore si appropria del suo spazio (anche se infinito) relativo e locale. La conclusione fatta ancora più pesante dalla cosmologia contemporanea: non sono le galassie che si allontanano a vicenda ma piuttosto l'intero spazio che si gonfia. Impossibile trovare da dove l'Universo ha cominciato a crescere – ogni punto è ugualmente privilegiato. Se a questo gonfiarsi è sottoposto anche ogni singolo atomo (con relativi cambiamenti di costanti fisiche, come la permeabilità elettrostatica del vuoto) – non lo sappiamo.

La teoria generalizzata della relatività aggiunse un ulteriore elemento al quadro “materiale” dello spazio: gli oggetti pesanti (cioè gravi, e tutti, tranne i fotoni, sono pesanti) modificano lo spazio e il tempo. L'equazione di questa teoria, $G=8\pi T$ apparentemente è molto semplice. “Questo signifi-

¹⁷ Vengono dati pochi esempi sperimentali della teoria ristretta: la dilatazione del tempo per oggetti in moto fu confermata nella misura di tempo di vita di muoni in raggi cosmici da D. Rossi e D. B. Hall nel 1941.

ca che il ‘tensore di Einstein’ o matrice simmetrica **G**, che contiene dati che codificano la curvatura di spazio-tempo, è proporzionale al tensore **T**, che codifica la massa o energia; in altre parole (Geometria=8 π Fisica), come lo spiega un matematico, Ignacio Sols (Sols 2013, 111). Così, visto che in presenza di corpi pesanti, come la Terra, lo spazio diventa curvo – in questa trappola cadono tutti gli oggetti, con la stessa accelerazione di gravità, che meravigliò Galileo. La risposta alla domanda dei fisici, come mai la massa “gravitazionale” (della legge di gravità di Newton) e la massa “inerziale” – della seconda legge della dinamica di Newton, sono uguali – arriva dalla geometria, non euclidea ma einsteiniana. Per questo, anche i fotoni, pur senza massa a riposo, sono soggetti al campo gravitazionale (o più propriamente alla distorsione dello spazio a causa di masse presenti): il raggio di luce viene curvato dal Sole¹⁸ o dalle galassie lontane e i fotoni, che “cadono” sulla terra sono un po’ più rossi¹⁹.

3.3. Fisica celeste, fisica terrena

Non troviamo nei testi di Aristotele né di S. Tommaso angeli che con le loro ali fanno muovere i pianeti: l’antico pensiero metafisico, necessario nei tempi di lacune nelle conoscenze fisiche, fu negli ultimi secoli ridicolizzato. La filosofia (speculativa) sostituiva le scienze solo in mancanza di altre fonti di sapienza. Nel pieno medioevo, Roger Bacon (~1220–1292) scriveva: “Se abbiamo mostrato che la filosofia non può essere studiata senza conoscenza della matematica, e tutti sanno che la teologia non può essere studiata senza filosofia, diviene necessario che il teologo conosca la matematica” (Bacon, Parte IV [B], p. 1). All’astronomia (“astrologia teorica”, come la chiamava) Bacon attribuiva scopi molto pratici – esaminare, con l’uso di *strumenti* il numero di corpi celesti ed astri, le loro forme, dimensioni, distanze dalla Terra, densità, masse, formazione e scomparsa delle stelle, movimenti di corpi e di astri, forma e variazione dell’eclittica (Bacon, Parte IV [A], distinzione 2, cap. I). Così, la “discesa” della fisica dal cielo –

¹⁸ La conferma sperimenta fatta dalla spedizione di Lord Eddington nel 1919.

¹⁹ Esperimento di R. Ponk e G. A. Rebka nel 1960.

la sostituzione della metafisica con le scienze cominciò già nel medioevo, anzi, già con i primi filosofi greci²⁰.

Gli astronomi moderni, ancora 100 anni fa erano convinti dell'immobilità ed eternità delle stelle, anche se Aristotele scriveva: "Noi consideriamo gli astri come corpi semplici e unità distribuite in un certo ordine ma totalmente inerti; invece bisogna sapere che loro svolgono delle attività e giosiscono la vita" (*De coeli*, Cap. XII, 292a). Solo nei primi decenni del XX secolo, un minuzioso lavoro di una decina di donne-astronome, che hanno passato migliaia di notti catalogando i colori e le luminosità di un milione di astri, permise di scoprire le vie di sviluppo e morte di stelle, e presentarle su un cosiddetto diagramma di Herzprung-Russel. I meccanismi di evoluzione delle stelle non sono per niente "celesti": – sono normalissime reazioni termonucleari, principalmente di sintesi d'elio da idrogeno, come le sappiamo riprodurre nei reattori a terra.

Un'altra categoria (cioè materia) celeste, l'etere, fu "corrosa" dallo stesso Galileo: sulla Luna ci sono montagne e crateri, come sulla Terra. Con i campioni di rocce portate dalle sonde Apollo, sappiamo che la Luna è composta esattamente dallo stesso tipo di materia della crosta terrestre. All'inizio della storia della Terra, circa 100 milioni di anni dopo la sua formazione, un oggetto delle dimensioni di Marte urtò la Terra e dai detriti scaraventati in 24 ore si formò il nostro satellite: così sulla Luna troviamo esattamente la stessa materia che nella crosta terrestre. In *De coeli* (Libro VIII, 276b) di Aristotele la frase adeguata cita: "Tutti i mondi devono essere costituiti dagli stessi corpi, se hanno la stessa natura". E la stessa natura dei corpi celesti deduceva Aristotele dalla loro forma, comune con oggetti sulla terra.

3.4. Costante "cosmologica"

L'equazione della teoria generale di relatività, citata sopra, non è completa. A. Einstein, quando stava per completare nel novembre 1915 la sua teoria

²⁰ Sols (2013, 108) ricorda ancora due artefici di questa "discesa" – Giovanni Filipono (490–570) cristiano nestoriano di Alessandria che sosteneva che le stelle sono fatte dalla stessa materia che nostra, e Domingo de Soto (494–560), domenicano, docente all'Università di Salamanca che ha preceduto Galileo nella formulazione delle leggi di caduta dei gravi.

generale, si è trovato in difficoltà. Secondo la sua equazione l'Universo non potrebbe esistere più di un paio di secondi e sarebbe subito collassato su se stesso²¹: la gravità agisce a distanze infinite, e vista la moltitudine di astri, la forza totale è infinita²². Per evitare ciò Einstein, mal volentieri, introdusse un termine artificiale, detto “cosmologico” – una specie di forza repulsiva per evitare questo collasso. Con questo “stratagemma” (del tutto artificiale) l'Universo poteva rimanere eterno, chiuso su se stesso e uniforme in ogni punto. Questo termine forniva una forza repulsiva che impediva un collasso dell'Universo.

Rimaneva però un problema “matematico” – secondo la prima soluzione dell'equazione di Einstein, un universo così sarebbe vuoto (la soluzione di de Sitter, 1917). A meno che l'universo non sia stazionario – cioè in crescita o diminuzione. Einstein ritenne per molti anni, che l'introduzione del termine cosmologico fosse l'errore più grande della sua vita. Invece, le scoperte dell'astronomia dell'inizio del XXI mostrano che era probabilmente la *scoperta* più grande della sua vita. Dall'equazione di Einstein, come ho già detto nella parte prima del articolo, si dedusse che l'Universo ebbe un inizio.

Già verso la metà del secolo scorso esistevano argomenti fisici abbastanza chiari che l'Universo è in espansione. Sia le soluzioni dell'equazione della relatività generale proposte da A. A. Friedman (1922) e di G. Lemaitre (1927) sia le conclusioni sperimentali di Hubble (1929) sulle supernove nelle galassie lontane suggerivano l'inizio del tempo. Ancora verso la fine degli anni quaranta fu proposto²³ un modello dell'Universo che si espande ma non cambia la sua densità, grazie a un processo di costante creazione della materia. Come scrive S. Weinberg (1994, 165) “filosoficamente é preferibile un modello dello «stato stazionario». [...] Il problema dell'origine viene abolito; non c'è mai stato un inizio dell'universo”.

Un'intuizione dello spazio e del tempo entrambi legati alla materia arriva da George Lemaître (1931). Lui, un po' involontariamente, riportò

²¹ Come l'inghiottirsi di buchi neri, con masse di circa 30 masse solari ognuno, osservato 14.09.2015 durò 0,12 secondi.

²² Il problema era conosciuto da sempre – per la stessa moltitudine di astri, il cielo dovrebbe essere infinitamente luminoso.

²³ da Herman Biondi, Thomas Gold e Fred Hoyle, vedasi S. Weinberg (1994, 18).

l'idea aristoteliana dello spazio come la distanza tra due oggetti materiali. Parlando del cosiddetto oggi "Big Bang" diceva: "Se questo quadro è corretto [cioè l'Universo ebbe inizio con la divisione dell'atomo primordiale] lo spazio e tempo nacquero un istante prima di questo inizio". Nel *Genesi* questa spiegazione potrebbe corrispondere alle parole "All'inizio Dio creò il cielo e la terra", dove con la "terra" viene associata la materia, e a essa sono legati lo spazio e il tempo. Per deduzione, "il cielo" rimane al di fuori dello spazio (matematico o fisico) e del tempo.

Il termine cosmologico è decisivo per un universo in espansione. Diverse determinazioni della costante cosmologica – dall'intensità della luce che proviene da stelle supernove in galassie lontane, dalla temperatura della radiazione cosmica di fondo e dalle fluttuazioni della densità di materia barionica (cioè protoni e neutroni) prima della separazione della radiazione dalla materia – danno un intervallo di valori ristretto e congruo (Hogan 2000). Fisicamente la costante cosmologica viene chiamata energia scura – una forza universale, sulla scala intergalattica che impedisce il collasso dell'Universo, anzi – accelera la sua espansione.

Qual è la causa dell'energia scura? Al momento non abbiamo nessun concetto: neanche la metafisica ha portato mai una minima idea su un motore permanente che alimenti l'Universo. Appena riportata la fisica dal cielo, di nuovo non sappiamo, se il "gonfiarsi" dello spazio tempo riguarda solo le galassie o anche il vuoto all'interno degli atomi.

4. Fisica, in continuo dubbio

Le scoperte scientifiche non solo permettono di precisare dei vaghi concetti della lingua comune (e della filosofia): anche la fisica è soggetta alla validazione e ad un continuo spostarsi dei significati.

4.1. Perché il tempo va avanti?

Scoperte sperimentali (e teoriche) nel campo delle particelle elementari hanno gettato nuova luce anche sul cosiddetto problema della "freccia

del tempo”: perché il tempo va solo avanti e mai indietro? Come vedremo più avanti, di solito questo problema va associato con la termo-dinamica o cosmologia – per questo il contributo della micro-fisica è ancora più sorprendente.

Nella fisica classica, quando si urtano due palline, lo scambio di energia è reciproco: la collisione che avviene da destra a sinistra potrebbe senza nessuna differenza avvenire nel senso contrario. Un osservatore non avrebbe notato che un filmato viene proiettato all'inverso. Tutti i fenomeni della meccanica e anche dell'elettromagnetismo²⁴ sono *simmetrici* rispetto all'inversione della freccia del tempo. Nella fisica delle particelle elementari, ad ogni particella carica (e non solo) corrisponde un'altra, di proprietà identiche ma di segno opposto. Così all'elettrone comune, di carica elettrica negativa, corrisponde il *positrone*, identico in massa, spin, momento magnetico etc., ma con la carica positiva. Nel mondo dell'anti-materia un positrone è ugualmente stabile come l'elettrone nel nostro mondo. Ma un incontro dell'elettrone con il positrone dà luogo a una mini-esplosione nucleare: la massa di due particelle sparisce e nascono due (o tre) fotoni gamma.

Dalla scoperta del positrone da C. D. Anderson nel 1932, viene posta la domanda se i due elettroni – positivo e negativo – sono del tutto identici. La simmetria presupposta si chiama *C* (cioè di carica). Sia positroni che elettroni nascono in certi decadimenti nucleari. In un esperimento del 1957 fatto da Chien-Shiung Wu si è verificato che in presenza di campo magnetico l'emissione dell'elettrone avviene solo in una direzione, come se la natura riconoscesse le direzioni su e giù. Il problema è legato all'altra particella emessa insieme col elettrone – uno molto leggero, elettricamente neutro neutrino (come fu chiamato dal fisico italiano, Eduardo Amaldi). Il neutrino gira su se stesso, ma solo a sinistra. Così la non-simmetria nell'emissione dell'elettrone è legata all'asimmetria delle rotazioni nello spazio (simmetria di parità, *P*). Per qualche anno si è creduto che nonostante la simmetria di carica non sia conservata, si conserva la simmetria congiunta, *CP*.

²⁴ Richard Feynman, premio Nobel, quando nelle sue *Lezioni* spiega onde elettromagnetiche, dice: “assumiamo adesso che il segno del tempo nell'equazione sia positivo”.

Oltre ai quark (normali), costituenti di protoni e neutroni, esistono due famiglie di quark più pesanti, molto instabili. La prima famiglia contiene i cosiddetti quark *strani*. Nel 1964 l'esperimento sul decadimento di una particella che contiene un quark strano, kaone, provò che anche la simmetria *CP* è violata.

Ma i fisici, un po' in modo metafisico, *credono* che nella natura si conservi una simmetria ancora più generale, *CPT*. In altre parole, si può invertire la carica, la parità e la freccia del tempo e tutti i fenomeni del micro-mondo non saranno diversi dal mondo nostro. La violazione delle simmetria *CP* indica allora che il tempo è asimmetrico. Esperimenti progettati in modo da rivelare direttamente l'asimmetria del tempo negli anni 90 hanno mostrato che anche la simmetria *T* è violata. Volendo quantificare l'effetto – nel decadimento di quark strani il tempo è asimmetrico in tre parti per milione. L'asimmetria per il quarto quark in ordine di massa, *bottom*, è già enorme: una parte su dieci²⁵. Si può presupporre, che l'asimmetria del tempo per i quark ancora più pesanti, esistenti nei primi miliardesimi di secondo nella vita dell'Universo fosse pressappoco *totale*. Ma queste (mie) affermazioni aspettano ancora a trovare un adeguato riscontro sperimentale.

Con l'asimmetria del tempo è associato un altro problema, cosmologico. Nel periodo, quando Einstein lavorava sulle conseguenze delle sue equazioni, una giovane addetta alla matematica, Emma Noether ha dedotto tre principi di geometria e fisica, di essenziale importanza. Già Aristotele notava in *Fisica* l'equivalenza di moti destro-sinistro, avanti- dietro, cioè in linguaggio matematico – la simmetria per traslazione. Con la parità *P* è associata alla simmetria per rotazioni. Noether ha provato che la simmetria per traslazioni comporta la conservazione della quantità di moto (come vettore) e la simmetria per rotazioni – conservazione del momento angolare (cioè il prodotto di raggio di rotazione per il vettore della quantità di moto). Invece, la conservazione di energia – punto cardine della fisica dalla metà del XIX secolo – è legata alla simmetria del tempo: passato – futuro. In altre parole, l'asimmetria della freccia del tempo, trovata nel mondo di particelle elemen-

²⁵ Nella relazione di Yeché (2008) viene dato il numero $A_{CP}=0,107\pm0,016$.

tari ha inquietanti conseguenze sul cosmo intero: se la freccia del tempo è asimmetrica, l'energia nell'Universo non si conserva. Dalle considerazioni sull'energia oscura – cioè dal valore costante di questa forza che gonfia l'Universo – si deduce che la materia (e l'energia), contraddicendo i *principi* della fisica, continua a formarsi anche oggi, apparentemente dal nulla.

4.2. I tunnel nello spazio-tempo

Il valore finito della velocità della luce e la sua indipendenza dalla velocità dell'osservatore, insieme con le leggi della dinamica di Newton (principio d'inerzia) formano un limite pesante alla possibilità di viaggiare nello spazio. A lo stesso Einstein ha avuto la tentazione di trovare una mediazione: delle scorciatoie nello spazio-tempo. Con Nathan Rosen (Einstein, 1935) hanno ipotizzato che un oggetto che entra in un buco nero può apparire in un altro punto dello spazio-tempo, attraverso un tunnel, chiamato in inglese “worm-hole”. Purtroppo, un calcolo più dettagliato ha mostrato che questi tunnel si aprono e chiudono troppo velocemente per far passare qualsiasi oggetto, compreso un fotone. In seguito, nel 1962 i fisici teorici hanno provato, che anche nell'ipotesi di “buchi da verme” nello spazio-tempo, il principio di causalità viene salvato (Fuller 1962). Come scrive il commentatore odierno, la teoria generale della relatività “pone delle difficoltà matematiche e concettuali che hanno ingannato anche il suo autore” (Lindley 2005).

L'idea di tunnel nello spazio-tempo piace in particolare agli scrittori di science-fiction. Così, anche diversi scienziati insistono su questa idea. Un fisico nucleare messicano, Miguel Alcubierre propose un viaggio istantaneo utilizzando delle “bolle” nello spazio-tempo. Il problema è che per formare una bolla serve tanta energia: scherzando, per arrivare in un battibaleno su Giove, bisognerebbe consumare energia equivalente alla massa di Marte. Pure in fisica certe idee si presentano errate e tante altre non verificabili. Parafrasando le parole di S. Giovanni Paolo II sull'evoluzione biologica – visto che mancano modi di validare, queste idee non sono teorie, ma mere ipotesi.

4.3. Multimondi

La letteratura scientifica, a poi in particolare la letteratura divulgativa “brulica” di idee bizzarre, non verificabili. Una di queste, che si propone in continuazione nella filosofia – da Democrito, Origeno a Giordano Bruno²⁶, è il concetto di mondi multipli. Oggi questo concetto viene ripreso dai fisici, negli articoli e libri divulgativi di Max Tegmark (2003).

Il concetto di universi paralleli di Max Tegmark parte dalla constatazione che a causa della finita velocità della luce, solo una determinata parte dell’Universo è accessibile alle nostre osservazioni – una specie di “bolla”, con il raggio uguale all’età dell’Universo, cioè una distanza di 13,8 miliardi di anni luce. Fin qui concorda con il resto della scienza, ma le sue conclusioni successive, che possano esistere altre bolle come il nostro Universo, e addirittura una bolla che rispecchia il nostro – una analogia con l’antimateria, che obbedisce alle stesse leggi di fisica²⁷. Però, come recentemente ha confessato uno degli ideatori dei multi-universi e la loro selezione naturale via evoluzione cosmologica, Lee Smolin (2014), “nonostante decenni di sforzi di menti eccezionali, l’idea dei multi-universi non ha prodotto una singola predizione di un esperimento che potrebbe verificarla”²⁸. Di nuovo – non è altro che pura ipotesi.

Strettamente legate all’ipotesi di multiuniversi sono “ragionamenti” sull’universo che periodicamente si gonfia e sgonfia. Idee così, per niente nuove²⁹, se presentate da fisici, come S. Hawking (1988, p. 58, citato da Haffner), sembrano un disperato tentativo di evitare il problema dell’Inizio. “In quanto se l’universo aveva un inizio, dobbiamo supporre che aveva un creatore. Ma se l’universo è veramente contenuto in se stesso e non ha né bordo né limite, non avrebbe inizio e fine: semplicemente esiste. Allora

²⁶ L’idea di molti mondi viene attribuita, un po’ erroneamente, anche a Leibnitz. Nella *Monadologie* parlava di *monade* che, dalla loro descrizione sembrano più atomi, che universi. Parlava anche di universi possibili, ma nella mente di Dio (Leibniz 1996, punto 53).

²⁷ Max Tegmark in questo dimentica, che per un’analogia completa con le particelle elementari, nella bolla dell’anti-universo il tempo dovrebbe scorrere all’indietro.

²⁸ „However, despite several decades of concerted efforts by very good people, the multiverse hypothesis has failed to produce a single falsifiable prediction for a doable experiment.”

²⁹ Già Empedocle, come riferito da Aristotele (*Fisica*, L. VIII, 252a) riteneva che il mondo si trova alternativamente in quiete o in moto.

che spazio c'è per un creatore?” Chiaramente – un tentativo di evitare Dio come creatore rifugiandosi in ipotesi impossibili da verificare, allora non scientifiche.

Un altro fisico, laureato ad Oxford, ed oggi teologo a Roma, Paul Haffner (2001, 162) lo commenta così:

La scienza è radicalmente incapace di misurare i limiti dell'universo in *totale* nello spazio e nel tempo, perché uno scienziato non può uscire fuori dal cosmo. L'ateismo basato sulla misinterpretazione o su ideologie costruite attorno a teorie scientifiche costituisce una irrazionale lacuna della ragione che urta contro la ragione; questo è una forma più grave di suicidio intellettuale.

Aristotele ragionava in modo molto chiaro: “Intanto è vero che non c'è nessuna necessità per l'esistenza di altri universi. Anzi, non è neanche possibile che ciò abbia luogo, se il nostro mondo contiene tutta la quantità di materia – ed è proprio così” (*De coeli*, Libro I, Cap. IX, 278a). Tante idee fisiche cambiano il significato, altre tornano, ma certe si rivelano “sterili” – apparentemente interessanti, ma costruite in modo tale che non possono essere verificabili.

5. La metafisica che completa la fisica

Non è solo la fisica che sostituisce, con nuovi dati sperimentali e teorie verificate le idee e le ipotesi della metafisica: questo spostarsi delle frontiere è reciproco.

Un esempio è la verifica recente della non-località degli eventi nel microcosmo (il paradosso di Einstein, Podolsky, Rosen, 1935) pur mantenendo i vincoli causa-effetto; un'altro è il limite invalicabile per la velocità di luce. Un'altro esempio arriva da S. Tommaso e riguarda la composizione della materia.

5.1. La materia e la sua diversità

Nella questione della composizione della materia, i Greci consideravano quattro elementi e gli atomi di Democrito si differenziavano nella loro

forma. Il quadro è diventato più dettagliato con l'inizio della chimica – la scoperta degli elementi primi, come zolfo, sodio, etc. che corrispondono ad atomi diversi. Il padre del moderno atomismo, J. Dalton, nel 1808 ha disegnato tanti atomi, ma tutti diversi, un po' come "emoticon" dei ragazzi dell'era di internet. Einstein in uno dei quattro articoli epocali del 1905, sui moti di Brown, si domandava sulle "reali dimensioni degli atomi". Lui, per anni riteneva che gli atomi fossero per sempre invisibili³⁰. Oggi, con diversi microscopi, anche apparentemente molto semplici, come un ago sottilissimo che sembra toccare la superficie degli atomi (cosiddetto Atomic Force Microscopy), essi possono essere visualizzati senza nessuna difficoltà.

Poco più che cento anni fa, nel 1897 fu annunciata, da J. J. Thompson, la scoperta dell'elettrone, la particella carica, che è un componente primo di tutti gli atomi – dall'idrogeno all'uranio. Seguirono poi la scoperta del protone, particella carica con un segno positivo e massa 1837 volte quella dell'elettrone e del neutrone, con quasi la stessa massa del protone ma carica zero. In approssimazione, un neutrone potrebbe essere considerato come una particella composta da un protone ed un elettrone: tutta la materia, nonostante la sua infinita varietà è costituita da questi componenti non differenziati³¹.

Nella *Metafisica* la spiegazione della "materia" rimane un po' confusa – il Filosofo non ha sposato né l'atomismo né le "idee" di Platone. Perciò aveva bisogno di tante materie, ognuna specifica per una determinata cosa (*Metafisica*, L VIII, 1043, 15–20):

Per quanto concerne la sostanza materiale non bisogna ignorare che, anche se tutte le cose derivano da uno stesso elemento originario o dagli stessi elementi

³⁰ Poco più di un secolo fa così scriveva uno di padri della chimica organica (scopritore della struttura del benzene) F. A. Kekulé: "La questione se gli atomi esistono o no è di relativamente poco significato per la chimica; questo problema riguarda di più il campo della *metafisica*." Citazione da: <http://www.chimicare.org/blog/filosofia/latomo-dalton-mendeleev-nascita-chimica-classica/>

³¹ Il neutrone quando decade si decompone in un elettrone e un protone più una strana particella, quasi senza massa, prevista da Fermi e Majorana, chiamata neutrino. Il neutrino non porta carica e serve a conservare le *leggi* di fisica, in particolare la quantità di moto rotatorio, detto spin; la natura del neutrino rimane ancora molto misteriosa.

originari, e anche la medesima materia funge da punto di partenza nella loro generazione, tuttavia c'è una materia che è propria di ciascuna cosa. Per esempio: materia prima della flemma sono gli elementi dolci i grassi, invece materia prossima della bile sono gli elementi amari o latrati affini. E questi, certamente derivano da un medesimo elemento.

S. Tommaso nella “*Compendio teologico*” presenta sulla diversificazione della materia un’idea rivoluzionaria, sia in confronto con Democrito che Aristotele. Infatti, S. Tommaso scrive che tutto il mondo (materiale) è fatto della stessa unica materia, visto l’azione creatrice di Dio non richiedeva una materia precedente. Così, le differenze tra gli oggetti sono causate dalla diversa disposizione e/o organizzazione di questa materia in mano a Dio (*Compendio*, art. 71)

123. Da quanto detto in precedenza [cioè che la facoltà creativa appartiene solo a Dio] è chiaro che la diversità delle cose non è causata dalla diversità della materia. Si è detto infatti che la materia non è presupposta all’azione divina mediante la quale Dio produce nell’essere le cose. Ora, la causa della diversità delle cose non deriva dalla materia se non in quanto la materia è presupposta alla produzione delle cose, quando cioè secondo la diversità della materia sono immesse forme diverse: non è dunque la materia la causa della diversità delle cose prodotte da Dio. **124.** Ancora. Allo stesso modo in cui le cose hanno l’essere, così hanno l’unità e la pluralità: infatti ogni cosa in quanto è ente è anche una. Ora, le forme non hanno l’essere a causa della materia, ma piuttosto il contrario: infatti l’atto è più eccellente della potenza, e ciò per cui una cosa è, necessariamente è più eccellente. Le forme dunque non sono diverse perché sono diverse la materie, ma piuttosto le materie sono costituite diversamente per essere adeguate alle diverse forme.

La materia essendo creata dal nulla non poteva introdurre da sé una diversità di forme; poi è la forma a determinare la diversità di oggetti e la moltitudine (ma non una infinità) di oggetti rispecchia la perfezione (unica) di Dio. Che cosa dice la chimica moderna?

Tutti i legami chimici, e anche il legame che tiene unito l’atomo sono di natura esclusivamente elettrica – interazione attrattiva tra elettroni

e protoni e repulsiva tra elettroni. Tutta la materia conosciuta (a parte quella esotica, nei primi microsecondi dopo il Bang Bang) è fatta di elettroni e protoni (più i neutroni). Aveva ragione S. Tommaso? Da dove deriva tutta la diversità della materia – gas, metalli, minerali, composti organici? Provengono dalla diversa disposizione di elettroni negli atomi – ma questo è un mistero: aggiungendo un elettrone ad altri dieci il gas incolore e neutro, neon, cambia in un *metallo* molto reattivo, come il sodio?

La causa di questa diversificazione è molto strana – il fatto che un elettrone gira su se stesso, ma questo non basta. Quasi tutte³² le particelle elementari girano su se stesse, anzi – appartengono a due classi: le prime, come l'elettrone e il protone girano con velocità (“spin”) metà dell’unità elementare permessa ($1/2\hbar$), altre come la particella della luce (fotone) girano con lo spin intero $1\hbar$. Cosa cambia? Quelle con lo spin intero, dette *bosoni* si aggrovigliano, come i pinguini sul ghiaccio³³, quelli con spin $1/2$, detti *fermioni*³⁴ si respingono, ma *totalmente*. In altre parole, gli elettroni *assolutamente* non possono stare insieme. Più precisamente viene detto che due elettroni non possono occupare la stessa cella dello spazio di fase. Così, un elettrone aggiunto al neon deve occupare una cella (chiamata dai chimici un orbitale) nuova. Da qui deriva tutta la ricchezza chimica del mondo inanimato e pure tutta la straordinaria varietà della chimica negli organismi viventi.

In verità, non abbiamo spiegato niente. Perché le particelle con una minuta variazione nelle loro caratteristiche (non la massa, non la carica elettrica ma lo spin) si differenziano così tanto? I bosoni (per esempio i fotoni) si aggrovigliano e i fermioni (come elettroni) si evitano? Una delle spiegazioni è che seguono diverse *statistiche* (di Fermi-Dirac e di Bose-Einstein) – ma questo dice solo che “i gravi cadono perché gravano”. In un articolo poco conosciuto Wolfgang Pauli (1941) scrisse che il respingimento

³² Una particella con lo spin zero è il bosone di Higgs, la “particella di Dio” del libro di L. Lederman.

³³ Da qui abbiamo la luce laser, dove i fotoni vanno tutti nella stessa direzione e hanno lo stesso colore.

³⁴ Da Enrico Fermi, che aveva notato la diversa disposizione di elettroni nel loro insieme (cosiddetta *statistica*).

tra gli elettroni salva la *causalità* degli eventi – ma l'argomentazione non è molto chiara.

La forza repulsiva tra gli elettroni che dovrebbero occupare la stessa cella non ha niente a che fare con le interazioni conosciute: è un *divieto*, chiamato il *principio* di esclusione di Pauli. La descrizione matematica, per esempio nei processi di collisioni, rimane ancora una serie di tentativi. Sembrerebbe che il divieto di Pauli (un assioma potente, come scrive Margenau, 1941) appartenga più alla *metafisica* che alla fisica. Senza dubbio, questa strana, singola *disposizione* assicura la possibilità di tutta la varietà della materia, basata solamente su due tipi di particelle – fermioni e bosoni, e tra fermioni – elettroni, protoni e neutroni, assolutamente identici in tutti gli atomi. Da qui derivano *le possibilità* della chimica e della vita in particolare.

5.2. Un mondo non-locale

L'introduzione da Albert Einstein delle coordinate dello spazio-tempo, attraverso l'assunzione di costante velocità di luce ci ha concettualmente "ancorati" nel qui-ed-adesso. Spostarsi nello spazio è sempre legato ad una determinata velocità del viaggio nel tempo. Lo scorrere del tempo per due osservatori (e la metrica del loro spazio) può essere diverso, ma sono sempre localmente determinati. Così, filosoficamente, Einstein ha sottolineato la *località* degli eventi fisici: anche se la teoria della relatività non si esprime sull'impossibilità che un evento si svolga in contemporanea in due luoghi diversi, il carattere locale delle coordinate spazio-tempo ci rendono meno propensi per a questa eventualità.

L'equazione di Schrödinger ha creato serie difficoltà interpretative. In un esperimento con un fascio di elettroni e due fenditure, gli elettroni, pur passando uno ad uno, danno sullo schermo un quadro d'interferenza – di strisce chiare e scure, come un fascio di luce, cioè di onde. Ma un elettrone non è un'onda, delle dimensioni di due fenditure (10^{-6} m) bensì un oggetto puntiforme, di raggio circa 10^{-15} m. Come "sa" l'elettrone successivo dove passare per formare un'immagine d'interferenza con quello precedente?

L'equazione di Schrödinger descrive correttamente questa immagine, ma i meccanismi fisici sono difficili da *capire*. La meccanica quantistica è passata attraverso diverse interpretazioni, tra le quali quella di variabili nascoste, ma spiegazioni semplificate non furono mai confermate. Similarmente, due fotoni (o elettroni) emessi nello stesso processo, a causa di principi di conservazione mantengono la loro “correlazione” anche a distanza: un'operazione su uno di essi cambia, a distanza arbitraria (e istantaneamente) lo stato del secondo.

Il problema fu indicato nell'articolo del 1935 di Einstein (insieme con Podolsky e Rosen) – sembra che l'informazione tra un elettrone e l'altro si propaghi a velocità superiore alla della luce. I libri divulgativi sulla meccanica quantistica parlano di “telepatia quantistica” o di variabili nascoste. Gli esperimenti ideati da J. S. Bell negli anni sessanta del secolo scorso ed eseguiti in varie versioni³⁵ hanno mostrato che “Einstein aveva veramente torto poiché non aveva neppure contemplato, e con lui i suoi avversari, la possibilità che i processi naturali risultassero fondamentalmente *nonlocali*” (Ghirardi 2009, 221). In altre parole, abbiamo prove sperimentali inconfutabili, che pure per i processi fisici, lo spazio potrebbe non presentare un vincolo!

Dagli esperimenti sul “teletrasporto quantistico” nasce una domanda molto seria. Rivelando lo stato del fotone qua e adesso sappiamo subito quale è lo stato del fotone gemellato ma molto lontano: si potrebbe influenzare in modo istantaneo lo svolgimento di processi lontani – e questo violerebbe il principio di causalità. Però la conoscenza dello stato del fotone lontano non significa la possibilità di *influenzare* quello stato: l'informazione da noi posseduta dovrebbe essere trasmessa lì – e questo richiede un canale di comunicazione che non sfugge alle leggi di fisica classica, cioè locale (e relativistica). Numerose interpretazioni della meccanica quantistica si differenziano anche su vari aspetti, ma mai sul principio di causalità. Così scrisse Margenau (1941): “Ripeto: la causalità, nel senso definito sopra [come una sequenza di leggi di fisica], è una delle regole che governano la scelta di queste costruzioni [cioè funzioni di stato] che sono mattoni da costruzione dell'universo fisico, cioè della realtà”. In altre pa-

³⁵ Per esempio esperimento su fotoni polarizzati di A. Aspect, J. Dalibard e C. Roger 1982.

role, lo spazio, a gran stupore di Kant, Einstein, e anche Lemaitre, potrebbe essere “eliminato” dalla fisica, ma il principio di causalità sicuramente no!

S. Agostino si esprime sullo spazio e sul tempo (con il titolo “Le cose sono nello spazio e nel tempo”) in modo molto più poetico di altri pensatori citati e incline alla natura *trascendente* di queste due categorie: il mondo materiale appartiene al tempo e allo spazio; Dio, nella Sua bontà e verità, è il creatore sia della materia che dello spazio e tempo ma Lui rimane al di fuori di essi (S. Agostino 1996, Libro VII, Cap. XV, p. 206):

Mi rivolsi poi a considerare le altre cose e vidi che da Te hanno il loro essere e in Te la loro limitazione, non come in un luogo, ma molto diversamente, poiché Tu le racchiudi tutte nella verità. Come in una mano, e, in quanto esistono, sono tutte vere; né si ha falsità quando si crede che esista ciò che non esiste. E vidi pure che le cose non solo s'accordano ciascuna con il proprio luogo, ma anche con il proprio tempo, e che Tu, il solo Eterno, non hai incominciato dall'operare (La creazione è nel presente eterno di Dio) dopo incalcolabili periodi di tempo, perché i periodi di tutti i tempi, i passati ed i futuri, non andrebbero e non verrebbero, se Tu non operassi, eternamente stabile.

Può avere lo spazio e il tempo un significato filosofico-etico? Per l'anima umana lo spazio e tempo sono un tipo di *ancora*, che limitano lo spirito, che altrimenti sarebbe libero: indivisibile, individuale, tendente all'infinito, sempre giovane ed immortale, come nei nostri sogni. Esprimendosi in un modo più descrittivo: lo spazio e tempo sono la proiezione sulla materia della nostra anima, come un oggetto tridimensionale chiuso all'interno di un cubo di vetro si proietta diversamente sui tre lati del cubo. Lo spazio e tempo (insieme con la II legge di Newton e la teoria speciale di relatività di Einstein) limitano le nostre capacità di essere lì-lontano, prima-e-dopo. Teologicamente – sono una “garanzia” che lo spirito, per ora imprigionato nel corpo non assuma (troppo presto) una dimensione trascendente.

5.3. L'inizio del tempo

Per i filosofi greci, compreso Aristotele, il tempo era eterno. “Solo Platone difendeva l'inizio del tempo, sostenendo che è stato creato insieme col

cielo, che secondo lui, anche esso ha avuto inizio” (*Fisica*, L. VIII, 251b)³⁶. Contro l’eternità del tempo alla fine del XIII secolo si svolse, nella scolastica una vera battaglia, con la condanna delle tesi sviluppate all’interno dell’ateneo di Parigi³⁷. San Tommaso, che lasciò Parigi nel 1274, aveva scritto nel *Compendio* (art. 98)

Alora il tempo è una misura delle azioni, che si svolgono al suo interno. Così l’azione dell’autore parziale si adegua al tempo, così che lui svolge la sua azione adesso, e non prima, per qualche ragione. Però l’autore globale, che è Dio, ha stabilito, per Sua volontà, anche questa misura che è il tempo; allora il tempo è tra le cose che derivano da Dio. Come la quantità e misura di ogni cosa è tale, quale li ha voluto di assegnare Dio, nello stesso modo la quantità di tempo è tale che Dio ha voluto darli, cioè vuol dire che tale è l’inizio del tempo e di tutto che esiste nel tempo, come lo vuole Dio.

Per Kant, che era uno di primi ad ipotizzare correttamente la formazione del Sistema Solare attraverso processi astrofisici, l’inizio del tempo era ancora un argomento *metafisico*. Lui constatava la necessità di un determinato momento zero del tempo, altrimenti, partendo dall’inizio del tempo nell’infinito, non ci sarebbe una adeguata distinzione di due momenti successivi adesso (Kant 1957, 484):

Si supponga infatti che il mondo non abbia alcun inizio nel tempo: in tal caso, sino ad un qualsiasi istante dato è passata un’eternità, e quindi è trascorsa nel mondo una serie infinita di stati successivi delle cose. Peraltro, infinità di una serie consiste proprio nel fatto che quest’ultima non può mai essere completata mediante una sintesi successiva. Dunque, è impossibile un’infinita serie del mondo, già trascorsa, e quindi, un inizio del mondo è una condizione necessaria della sua esistenza.

Infatti, oggi questa argomentazione può trovare chiari sostegni fisici: l’Universo, con suoi quasi 14 miliardi di età sembra vecchio, ma il tempo di

³⁶ Le parole di Platone si trovano in *Timaio*, 28b e 38b.

³⁷ La prima condanna, di 13 tesi, compreso l’unicità dall’anima umana (*quod intellectus omnium hominum est unus et idem in numero*), determinismo astrologico e l’eternità del mondo fu emanata da vescovo parigino Stefano Tempier, 10 dicembre 1270 e ripetuta 7 marzo 1277, vedasi per es. (Gatti 2005, 46).

decadimento dell'uranio e dello stesso ordine e grandezza – circa 4,5 miliardi di anni³⁸, ma un universo eterno sarebbe già morto. Infatti i fisici per il tempo infinito dell'Universo prevedono una “morte termica” – azzeramento delle differenze di temperatura ossia l'impossibilità di costruire motori termodinamici, in altre parole – niente vita³⁹. Oggi gli argomenti fisici sono più “palpabili” che il discorso metafisico (pure correttissimo) di Kant: né radioattività né termodinamica erano conosciute ai suoi tempi – più grandi furono allora le sue intuizioni.

Notiamo anche che persino Aristotele abbozzò questa osservazione, oggi chiamata il secondo principio della termodinamica: in ogni passaggio termodinamico aumenta il “disordine” termico. Scriveva nella *Fisica* (Libro IV, 13) che il tempo è piuttosto la causa della distruzione, e se diventa la causa della creazione o dell'esistenza, è per puro caso (κατὰ μύμηβηχός). Oggi queste osservazioni sono il fondamento della fisica statistica e termodinamica: la cosiddetta “morte termica” dell'Universo sarà causata dall'aumento di entropia, cioè la scomparsa di differenze di temperatura tra i diversi corpi. Fortunatamente questa morte non sarà prossima dal punto di vista della cosmologia né quello della fisica delle particelle elementari⁴⁰. In scena compare di nuovo $E=mc^2$: la massa consumata nelle stelle fornisce

³⁸ Anche l'età della Terra, 4,567 miliardi di anni, enormemente lunga a primo avviso, è tutt'altro che infinita: in un cucchiaino di uranio (circa due moli) ^{238}U in ogni secondo si scindono (emettendo una particella alfa e un fotone gamma) circa 4 milioni di atomi. Il tempo di dimezzamento di uranio U^{238} è di 4,45 miliardi di anni. Nuclei di uranio si sono formati durante l'esplosione della stella proto-Sole. Se da questo momento passasse un tempo infinito, la radioattività dell'uranio sarebbe zero: non solo non ci sarebbe un adeguato orologio con ticchettio radioattivo ma si fermerebbe la deriva di continenti con drastiche conseguenze per il clima (un gelo globale con -18°C).

³⁹ L'essenza della vita sta nella differenziazione della materia: spostamento di determinate sostanze chimiche in determinate strutture – in termini fisici – svolgimento di lavoro. Per eseguire questi processi serve energia, ma non basta l'energia termica: per ottenere lavoro serve differenza di temperature (come tra il cilindro e il radiatore nell'automobile). Col tempo le differenze di temperatura si azzerano, così pur avendo l'energia termica a disposizione non si ricava lavoro. Vedasi “Il 2° e 3° principio di termodinamica” su qualsiasi enciclopedia.

⁴⁰ Come scrive A. Benz (1997, 154), astrofisico di Zurigo, il Sole finirà la sua storia in circa 10 miliardi di anni, ma ancora per dieci mila miliardi (10^{15}) anni ci sarà abbastanza idrogeno nella nostra Galassia per la formazione di altre stelle; e la stabilità dei protoni ci assicura l'esistenza della materia ancora per almeno 10^{35} anni.

l'energia, e questa, arrivando sulla Terra crea di nuovo delle differenze di temperatura, in altre parole – ordine (e vita).

La filosofia materialista trova una seria difficoltà di accettare l'inizio del tempo – lo riflettono le parole di S. Weinberg (1994, 165):

Pur ignorando se sia o non sia vero, riteniamo logicamente possibile che *ci sia stato* un inizio, e che il tempo stesso non abbia alcun significato prima di quel momento. Noi tutti siamo abituati all'idea di un zero assoluto delle temperature. Analogamente, potremmo abituarci all'idea di uno zero assoluto nel tempo: un momento del passato oltre il qual è impossibile, per principio, operare *la concatenazione di causa ed effetto* [sottolineato GK]. Il problema è aperto, e potrebbe restare aperto per sempre”.

Una via di mezzo – ammettere l'impossibilità di conoscere i limiti dell'Universo visibile ma non escludere l'Universo eterno – la esprime un fisico di Cambridge, J. D. Barrow (2000, 421):

Le nostre osservazioni dell'Universo sono seriamente e radicalmente limitate dalla finitezza della velocità della luce. Possiamo solo raccogliere testimonianze della storia passata della nostra parte visibile dell'Universo. Anche con strumenti perfetti il nostro quadro è destinato a restare incompleto. Possiamo cercare di capire se la nostra parte visibile dell'Universo abbia una 'origine'; ma sull'Universo intero rimarremo per sempre ignoranti. Non potremo sapere se esso abbia avuto un inizio. L'informazione di cui avremmo bisogno per fare asserzioni circa queste proprietà di base del nostro Universo non ci è accessibile. La finitezza della velocità della luce è una delle cose che rendono la vita possibile nell'Universo, e potrebbe essere una di quelle che rendono possibile l'Universo stesso. Ironicamente, è anche uno degli elementi che impediscono agli esseri viventi di conoscerne i segreti più profondi.

In parole scherzose Barrow commenta (2000, 286): “Gli scienziati hanno sempre cercato di fare meglio degli psicologi e dei poeti nel dirci che cosa è il tempo. Essi hanno il sospetto che si tratti di qualcosa di più del modo che ha Dio di impedire che tutto accada in un colpo solo.”

5.4. Un tuning molto sottile

Tornando ad Einstein e alla sua costante cosmologica, sorge ancora una difficoltà. Recenti studi della radiazione del fondo cosmico mostrano che l'Universo (che secondo l'equazione di Einstein potrebbe, anzi dovrebbe essere curvo – concavo o convesso) è *quasi* perfettamente piatto, cioè tri-dimensionale con la geometria euclidea (Luminet 2003). Questo significa non solo la presenza della costante cosmologica dell'energia scura ma un perfetto “tuning” di questa costante, per assicurare un universo in espansione, ma molto lenta. Alan Guth, uno degli scopritori dell'inflazione veloce dell'Universo, ma solo sino al momento 10^{-32} secondi, ha scritto nel suo articolo epocale (Guth 1981):

Anche se questi limiti [matematici dati prima] a prima vista non sembrano particolarmente stringenti, loro hanno, in fatti, forti implicazioni. Il punto chiave è che la condizione $\Omega \approx 1$ [il rapporto tra la densità ρ e la densità critica ρ_{cr}] è instabile. Inoltre, l'unica scala temporale che compare nell'equazione del pre-universo dominato dalla radiazione è il tempo di Planck, $1/M_p = 5,4 \times 10^{-44}$ s. Un tipico universo chiuso avrà raggiunto le sue dimensioni massime in un tempo di questo ordine di grandezza, e un tipico universo aperto si sarebbe consumato [dwindle] fino al valore di ρ molto minore di ρ_{cr} . Un universo può sopravvivere $\sim 10^{10}$ anni solo grazie a un “tuning” molto preciso dei valori iniziali di ρ e H [costante di Hubble], in modo che ρ sia molto vicino a ρ_{cr} . Per valori iniziali adottati $T_0 = 10^{17}$ GeV [temperatura], il valore di H_0 deve essere aggiustato con la precisione di una parte su 10^{55} .

Il numero 10^{55} supera il totale di atomi nel Sole. La soluzione proposta da Guth è una inflazione iniziale dell'Universo di un fattore 10^{28} . In altre parole un grande numero viene sostituito con un'altro ma la domanda rimane: chi era in grado di aggiustare la manopola dell'Universo intero con questa precisione per non farlo esaurirsi in una frazione di secondo? E qual'è la natura dell'energia oscura? Dove si nasconde, come chiede Dan Hooper (2006)?

5.5. Che cosa fu prima

S. Weinberg (1994, 162) completa il ragionamento di Lemaître, dando in base al modello standard delle interazioni elementari (elettromagnetiche, deboli, forti, gravitazionali) delle argomentazioni molto chiare – lo spazio non aveva senso ancora nei primi istanti (10^{-24} s) dopo la comparsa della materia.

A questa temperatura (10^{32} K) possono essere accaduti ogni sorta di strani fenomeni. Non soltanto le forze gravitazionali possono esseri forti e la produzione di particelle ad opera di campi gravitazionali copiosa – l'idea stessa di «particella» in questa situazione non avrebbe avuto ancora alcun significato –; ma l'«orizzonte», la distanza oltre la quale nessun segnale può esserci ancora pervenuto, si sarebbe trovato a una distanza inferiore alla lunghezza d'onda di una particella tipica in equilibrio termico. Esprimendoci in modo non rigoroso, ogni particella era pressa poco grande quanto l'intero universo osservabile!

Pure il tempo, senza la sequenza degli eventi, non aveva senso. S. Agostino (Libro XI, cap. XXXI, p. 348) scrive: “Come ‘nel principio’ Tu avevi la visione del cielo e della terra senza mutazione della tua scienza, così ‘nel principio’ creasti il cielo e la terra senza successione di atti.”

Come era il mondo prima del Big Bang? La domanda assomiglia a un'altra, sull'origine di tutte le particelle elementari, come elettrone, protone, particella della luce – fotone e così via. Uno dei tentativi è la teoria delle stringhe – oggetti cosmici, di cui le vibrazioni armoniche danno tutte diverse particelle (e ancora altre, sconosciute), con le loro masse che pure non siamo in grado né di prevedere né di spiegare. Uno dei più grandi fisici teorici, prof. Lev Pitaevski, alla domanda sulla teoria delle stringhe rispose: “Per verificarla, con le attuali possibilità tecniche di costruzione di magneti superconduttori, l'acceleratore necessario avrebbe il diametro dell'Universo; allora non è una teoria scientifica”.

Anche la domanda se prima del Big Bang c'è stato un “big crunch”, cioè la contrazione dell'Universo su se stesso, in quanto euristicamente interessante, purtroppo non appartiene alla fisica, e neppure alla metafisica. Come

scrive J. J. Sanguinetti (2006, 107) la possibilità di un universo ciclico è stata esclusa dalla fisica moderna⁴¹. Anche qua, non avvalendosi di Ockham, conviene citare S. Agostino (Libro XI, cap. XXX, p. 347):

Solidamente basato su Te, sulla tua verità che è la forma della mia mente, io non tollero più le domande di uomini che per una colpevole morbosità vogliono bere più di quello che possono, e dicono: «Che cosa faceva Iddio prima di creare il cielo e la terra?», oppure «Come gli venne in mente di creare qualche cosa, non avendo fatto nulla per l'innanzi?»

Sembra che negli ultimi decenni del XX secolo la fisica ha contribuito poco allo sviluppo di idee fondamentali: i tentativi di “conciliare” la meccanica quantistica con la relatività di Einstein, vedasi per esempio (Hawking 2002), si sono rivelati poco produttivi; lo stesso giudizio spetta la teoria delle stringhe – un tentativo di spiegare lo “zoo” di particelle elementari – che non ha prodotto nessuna *previsione* verificabile. Risultati ancora più irrazionali, nel senso del *rasoio di Ockham*, hanno dato tentativi di specificare una “funzione d’onda” dell’Universo intero, vedasi per es. (Ransford 2014). Visibilmente, alla fisica, nel presente momento storico, mancano delle idee veramente innovative. Conviene ritornare alla riflessione metafisica, come scrisse H. Margenau (1941): “Allora mi confesserò alla dottrina che lì non solo ci sono, ma dovrebbero esserci elementi di metafisica nelle scienze fisiche”⁴².

⁴¹ “L’antica visione statica del cosmo è completamente superata. 2. La possibilità (in pratica esclusa dalla fisica moderna) di un *universo ciclico* (in fondo, anche stazionario). La visione ciclica del cosmo, tipica dell’antica cosmologia, era un’extrapolazione ragionevole desunta dai cicli astronomici e stagionali palesi alla conoscenza ordinaria della natura. Nella moderna cosmologia dell’universo espansivo si è pensato per alcuni anni alla possibilità di cicli di espansione e di contrazione del cosmo (universo oscillante). Ma tale possibilità non è stata presa in considerazione dalla scienza, e comunque i cicli di successive espansioni e contrazioni non sarebbero identici, per cui il loro numero sarebbe finito. [...] L’universo, dunque, non evolve nel senso di ripetere le medesime trasformazioni. La freccia cosmologica del tempo è lineare ed irreversibile.”

⁴² “For I shall confess to the doctrine that there not only are, but ought to be metaphysical elements in physical science.” (Margenau, 1941).

6. Dalla Metafisica verso la Teologia

Sui concetti dell'inizio del tempo, del moto iniziale impresso all'Universo, sulla sua stabilità, anzi, la stessa esistenza (la lotta tra il bene e il male, negli scritti di Gilgamesz, Parmenide, Goethe) – dall'inizio del pensiero scritto osserviamo un certo ping-pong tra le scienze e la metafisica. Appena stabilito un consenso, come nel caso delle leggi di Galileo e Newton, arriva un Einstein, e pur non avendo nessun dato sperimentale e partendo da presupposti “metafisici” sconvolge tutto il nostro sapere (e sentirsi), non solo sulla fisica, ma su tutta la realtà che è diventata relativa.

Uno dei presupposti epistemologici della scienza moderna è il requisito di semplicità. Recenti scoperte sperimentali, per esempio sulle particelle elementari, sembrano introdurre un mondo caotico: abbiamo 3 generazioni di paia di quark, ognuno in tre colori e con i loro anti-quark, con masse che non siamo in grado di spiegare né trovare una regolarità. Tempo fa, Craig Hogan, il redattore di “Scientific American” scrisse: “A questo punto, quasi quasi preferivo i quattro elementi degli antichi Greci”, vedasi (Hogan, 2000). Il requisito di semplicità, quasi quasi conduce a qualcosa (Uno?), che Aristotele chiamava sorgente prima del moto (e di Bene). Concetti di causa teleologica e le cinque “prove” di S. Tommaso oggi sembrano esclusi dalla metafisica. Non fu così ancora tre secoli fa, come testimoniano grandi personaggi della scienza – Pascal, Leibnitz, Newton. Le loro “ricette” sulle ragioni del mondo, e della sua natura discuteremo nella terza, ultima parte dell'articolo.

La fisica, nonostante l'enormità di dati sperimentali e la potenza dell'apparato matematico non riesce a liberarsi dai “divieti, principi”, oggetti “elementari” etc. S. Agostino (Libro XI, cap. V, p. 325–326) s'è espresso su queste “regole” e “elementi primi” con un linguaggio teologico, ma molto chiaro:

Non hai certo creato il cielo e la terra valendoti del cielo e della terra; né dell'aria o dell'acqua, che sono elementi della terra; non ti sei valso dell'universo per fare l'universo, non esistendo prima pure lo spazio in cui potesse avere l'esistenza. Non avevi sotto mano una materia da cui trarre cielo e terra: se ancora

non l'avevi creato, donde poteva provenire per essere usata? Che cosa esiste se non perché Tu esisti? Dunque: hai parlato e il mondo fu: e fu per la tua parola.

Nel linguaggio della fisica moderna si risponde così alla domanda perché il mondo governato dalle leggi di un disordine termodinamico non è ancora morto: "Il mondo è cominciato da uno stato di incredibilmente bassa entropia [cioè d'altissima organizzazione], allora da uno stato incredibilmente improbabile"⁴³. E non si sa perché e come è (Hogan, 2000).

Conclusioni

Dopo due millenni e mezzo di pensiero umano scritto, sui temi come spazio, tempo, moto, potenza, energia (atto) la discussione è altro che finita. Le scienze matematiche e naturali hanno portato nuovi argomenti, che arricchiscono i punti di vista, ma le domande metafisiche rimangono sempre aperte. E stranamente il XX secolo ha portato argomenti chiave per il principio di causalità. Aristotele, nel libro II di *Fisica* ancora si dilungava sull'esistenza di eventi casuali. La fisica del fine XIX (L. Boltzman) ha introdotto la *statistica*, cioè la *probabilità*, che un determinato insieme di oggetti (molecole di gas, uccelli nello stormo, speculatori sulla borsa) assuma uno stato specifico. Ma la fisica statistica ha confermato il principio di causalità: ogni singolo elemento ha un comportamento *determinato*, solo nell'insieme sono imprevedibili.

I ragionamenti di matematici (Lagrange, Laplace) hanno messo in evidenza che per *prevedere* la soluzione di una equazione (per esempio differenziale) bisognerebbe sapere le condizioni *iniziali* del sistema; Euclide ha costruito una geometria assumendo dei lemmi non provati; Gödel ha indicato che una matematica non può essere allo stesso tempo completa e basata su assiomi conoscibili dall'uomo; Tarski ha chiarito che nessuna logica è definibile all'interno della propria lingua, cioè senza una meta-lin-

⁴³ „The conventional «explanation», originally proposed by Ludwig Boltzmann, is called the past hypothesis. It postulates that the world began in an incredibly low-entropy and thus highly improbable state” (Smolin 2014).

gua. Heisenberg ha aggiunto un tassello fisico: un sistema non è *misurabile* in modo completo; Einstein-Rosen- Podolsky, involontariamente hanno provato che il sistema quantistico *collassa* (si “autodifende”) se vogliamo sapere tutto su di esso. Idee impossibili di “teletrasporto” e “tunnel di spazio-tempo” provano che il principio di causalità è inviolabile nel mondo della materia.

Le scienze naturali aggiungono in continuazione nuove informazioni alla nostra conoscenza del mondo. Queste informazioni permettono di vedere il mondo con più dettagli, ma anche estendere la nostra visione oltre i limiti possibili prima, per esempio i buchi neri e loro collisioni. Ma nonostante tutti questi progressi, la scienza non riesce a risolvere le domande prime della filosofia – qual’è l’origine della materia, quali sono i costituenti elementari, qual’è la costruzione dello spazio e tempo – contenitore della materia?, un oggetto di fisica teorica? Lo spazio vuoto potrebbe esistere? Torniamo così a dei *principi* – la fisica in primo luogo ha bisogno di essi – di conservazione di energia, quantità di moto, momento angolare. La chimica senza il *principio* d’esclusione di Pauli non potrebbe esistere.

La questione dell’energia scura (cioè “costante cosmologica”) illustra bene il filo conduttore del presente discorso: il continuo spostarsi delle frontiere tra la scienza, metafisica e teologia. In tre millenni di storia scritta dell’umanità si è passato da credenze quasi teologiche del mondo di Empedocle – come il risultato della lotta tra il bene e il male, alla metafisica – dove le categorie come la materia, lo spazio e il tempo furono separati e definiti. Con Galileo e Newton le categorie di moto, spazio, tempo hanno assunto una chiarezza mate-matica di modello, ma inconfutabile. Con Einstein le categorie della materia, radiazione, spazio, tempo di nuovo si sono aggrovigliate, anche se questa volta con un’equazione apparentemente semplice. Dagli esperimenti sappiamo che lo spazio cosmico si gonfia e in modo un po’ tautologico possiamo dire: è il termine cosmologico di Einstein che descrive questa inflazione. Purtroppo, non abbiamo spiegato niente, in particolare, perché quel particolare valore della costante cosmologica che permette l’espansione non troppo veloce e non troppo lenta. E perché tutti gli altri valori delle costanti fisiche (Hogan 2000)? Anzi, la

spiegazione ci sarebbe, ma richiede l'uso dell'argomento teleologico di Aristotele: perché il Mondo possa esistere. Così, la *carouselle* del pensiero umano torna alla teologia.

Bibliografia

- Agostino, San. 1996. *Le confessioni*. Trad. C. Vitali. Milano: Fabbri.
- Alcubierre, Miguel. 1994. *The warp drive: hyper-fast travel within general relativity*. Class. Quant. Grav. 11, L73–L77.
- Aristotele. 1980. *De coeli*. Trad. in polacco P. Siwek. Warszawa: PWN.
- Aristotele. 1988. *Fisica*. Trad. in polacco K. Leśniak. Warszawa: PWN.
- Aristotele. 2000. *Metafisica*. Introduzione, traduzione G. Reale. Milano: Bompiani.
- Bacon, Francis. 2009. *Opus Maius*. edizione polacca, trad. T. Włodarczyk. Warszawa: Hachette
- Benz, Arnold. 1997. *Die Zukunft des Universums. Zufall, Chaos, Gott*. Düsseldorf: Patmos; edizione polacca – Poznań: Św. Wojciech (2009).
- Barrow, John D. 2000. *Dall'io al cosmo. Arte, scienza, filozofia*. Milano: Raffaello Cortina.
- Davies, Paul. 1983. *Dio e la nuova fisica*. Trad. M. e D. Paggi. Milano: Oscar Mondadori (2005).
- Einstein Albert, and Rosen, Nathan. 1935. "The Particle Problem in the General Theory of Relativity." *Phys. Rev.* 48: 73.
- Fuller Robert W., and Wheeler, John A. 1962. "Causality and Multiply Connected Space-Time." *Phys. Rev.* 128: 919.
- Galileo, Galilei. 1996. *Dialogo dei Massimi Sistemi*. Milano: Oscar Mondadori.
- Gatti, Roberto. 2005. *be-re'šit. Interpretazioni filosofiche della creazione nel Medioevo ebraico e latino*. Genova: Il nuovo melograno.
- Ghirardi, Gian Carlo. 2009. *Un'occhiata alle carte di Dio. Gli interrogativi che la scienza modenra pone all'uomo*. Milano: Il Saggiatore.
- Grabowski, Marian. 2015. "Nieskończoności Maxa Tegmarka." ("Le infinità di Max Tegmark" in polacco). *Scientia et Fides* 3 (2): 227–245.
- Guth, Allan H. 1981. "Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems". *Phys. Rev. D* 23: 34.
- Haffner, Paul. 2001. *The Mistery of Reason*. Herefordshire: Gracewing.
- Hawking, Stephen W. 1988. *A Brief History of Time*. London: Bentam.
- Hawking, Stephen W., and Penrose, Roger. 2000. *The Nature of Space and Time*. Princeton: University Press.

- Hogan, Craig J. 2000. "Why the universe is just so." *Rev. Mod. Phys.* 72: 1149.
- Hogan, Jenny. 2007. "Unseen Universe: Welcome to the dark side." *Nature* 448: 240–245.
- Hooper, Dan. 2006. *Il lato oscuro dell'universo. Dove si nascondono energia e materia*. Bari: Dedalo.
- Kant, Immanuel. 1957. *Critica della ragion pura*, Parte II (logica trascendentale). Trad. G. Einaudi. Torino: Einaudi.
- Kant, Immanuel. 1995. *Prolegomeni ad ogni metafisica futura che vorrà presentarsi come scienza*, trad. P. Marinetti, Milano: Rusconi.
- Karwasz, Grzegorz. 2015. "Il costante progredire della frontiera tra teologia e scienza: Fisica." *Scientia et Fides* 3 (1): 61–85.
- Leibniz, Gottfried Wilhelm. 1996. *Monadologie*. Paris: Flammarion
- Lemaître, George 1931. „The Beginning of the World from the Point of view of Quantum Theory." *Nature* 127: 706.
- Lindley David. 2005. "Focus: The Birth of Wormholes." *Phys. Rev. Focus* 15, 11 (March 25).
- Luminet, Jean-Pierre, Weeks, Jeffrey R., Riazuelo, Alain, Lehoucq, Roland, Uzan, Jean-Philippe. 2003. „Dodecahedral space topology as an explanation for weak wide-angle temperature correlations in the cosmic microwave background." *Nature* 425: 593.
- Margenau, Henry. 1941. "Metaphysical Elements in Physics." *Rev. Mod. Phys.* 13: 176–189.
- Moreau, Joseph. 1965. *L'espace et le temps selon Aristote*. Padova: Antenore.
- Pais, Albert. 2006. *Einstein „Sottile è il Signore..." La scienza e la vita di Albert Einstein*, Torino: Bollati Boringhieri.
- Pauli, Wolfgang. 1941. "The Connection Between Spin and Statistics." *Phys. Rev.* 58: 716.
- Ransford, Chris H. 2015. *The Far Horizons of Time*. De Gruyter Open.
- Rogers, Eric M. 1960. *Physics of the Inquiring Mind*. Princeton: Princeton University Press.
- Smolin, Lee. 2014. "Time, laws, and the future of cosmology." *Physics Today* 67: 38.
- Sols, Ignacio. 2013. "La ciencia lo dijo. Relaciones entre ciencia, razón y fe." *Scientia et Fides* 1 (1): 87–149.
- Sanguinetti, Juan José. 2002. "L'ultimo destino dell'universo. Fisica, filosofia e teologia." In *Dio e la natura*, a cura di R. Martínez e J. J. Sanguinetti. Roma: Armando (Studi di filosofia).
- Tegmark, Max. 2003. "Universi paralleli." *Scienze* 418: 54.

- Tommaso, d'Aquino. 1997. *Commenti a Boezio (Super Boetium de Trinitate)*. Trad. P. Porro. Milano: Rusconi.
- Tommaso, d'Aquino. 1995. *Compendio di teologia*. Trad. P. Agostino Selva. Bologna: Edizioni Studio Domenicano.
- Weinberg, Stephen. 1994. *I primi tre minuti. L'affascinante storia dell'origine dell'universo*. Trad. L. Sosio. Milano: Mondadori.
- Weinberg, Stephen. 2014. "Quantum mechanics without state vectors." *Phys. Rev. A* 90, 042102.
- Yeche, Christophe. 2008. *CP Violation at BABAR: alpha&gamma*, B-factory Symposium, Stanford, October 27, 2008, <http://www-conf.slac.stanford.edu/b-factory-symposium/talks.asp>
- Zichichi, Antonino. 1999. *Perché io credo in Colui che ha fatto il mondo. Tra Fede e Scienza*. Milano: Il Saggiatore.